



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 23 496 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
G 01 M 13/02
G 01 B 21/20
G 01 B 7/28

⑦1 Aktenzeichen: 101 23 496.1
⑦2 Anmeldetag: 15. 5. 2001
④3 Offenlegungstag: 12. 12. 2002

DE 101 23 496 A 1

⑦1 Anmelder:
Carl Mahr Holding GmbH, 37073 Göttingen, DE

⑦4 Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

⑦2 Erfinder:
Chen, Lu, Dr., 37083 Göttingen, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE 32 12 081 C2
DE 43 36 267 A1
DE 36 34 688 A1
DE 23 64 916 A1

Fertigungstechnik und Betrieb 24 (1974), H. 9,
S. 516-520;
R.Klingler, Messen und Prüfen im Maschinenbau,
Zürich: Schweizer Druck- und Verlagshaus, 1996,
S. 264-267;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verzahnungsmessmaschine

⑤7 Eine Zahnradmessmaschine zur besonders schnellen Messung oder Prüfung von Zahnradern weist zwei Taster auf, deren einer zumindest in Radial-Richtung und deren anderer zusätzlich in einer weiteren, zu dem Zahnrad tangentialen Richtung verstellbar gelagert ist. Mit dieser Zahnradmessmaschine lassen sich Profilmessungen mit einfacher Genauigkeit durchführen, wobei beide Taster gleichzeitig arbeiten. Zum Beispiel übernimmt ein Taster die Messung aller in Drehrichtung weisenden Zahnflanken, während der andere Messtaster die Messung aller Rückflanken übernimmt. Die Messung erfolgt durch Drehung des Zahnrads und synchrone Radialverstellung der Taster, wobei der Abstand der Taster untereinander auf dem Wege zum Zahnkopf reduziert wird. Zur besonders genauen Einzelmessung von Zahnradern kann auch lediglich der zusätzlich in tangentialer Richtung bewegbare Taster benutzt werden - der andere Taster ist dann inaktiv. Auf diese Weise kann die an sich für schnelle Durchlaufmessungen geeignete Maschine auch zur Präzisionsmessung eingesetzt werden.

DE 101 23 496 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Zahnradmessmaschine, insbesondere für schnelle Serienmessungen sowie ein Verfahren zur Vermessung von Zahnradern.

[0002] Zur Vermessung oder Prüfung von Zahnradern gehört die Profilmessung, die Flankenlinienmessung sowie die Teilungsmessung. Dazu, insbesondere zur Profilmessung (bzw. -prüfung) sind Messmaschinen in Gebrauch, die einen Messtaster zur Antastung des Zahnrad aufweisen. Der Messtaster ist über eine entsprechende mehrachsige Führungseinrichtung bspw. parallel zu dem Zahnrad sowie auf dieses zu und von diesem weg (Radialrichtung) verstellbar gehalten. Zusätzlich ist das Zahnrad um seine Mittelachse drehbar gelagert. Solche so genannten dreiachsigen Messmaschinen eignen sich zur kostengünstigen Messung von Zahnradern.

[0003] Darüber hinaus sind sog. vierachsige Messmaschinen in Gebrauch, bei denen sich der Messtaster zusätzlich in einer zu dem Zahnrad tangentialen Richtung bewegen lässt. Der Taster ist hier in drei zueinander jeweils rechtwinkligen Raumrichtungen bewegbar und das Zahnrad ist drehbar gelagert, was insgesamt vier Achsen ergibt. Solche Messmaschinen eignen sich bei der Profilmessung, bei der Flankenlinienmessung und bei der Teilungsmessung von Zahnradern zur sehr präzisen Messung.

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung eine präzise arbeitende Messmaschine zu schaffen, die auch zur schnellen Serienmessung geeignet ist.

[0005] Diese Aufgabe wird mit der Zahnradmessmaschine nach Anspruch 1 gelöst. Außerdem trägt das erfindungsgemäße Messverfahren zur Lösung der Aufgabe bei.

[0006] Die erfindungsgemäße Messmaschine weist eine Drehpositioniereinrichtung für das Zahnrad sowie einen ersten Taster und einen zweiten Taster auf, mit denen das Zahnrad zu vermessen ist. Die Taster sind darauf eingerichtet, das Zahnrad, insbesondere einander gegenüberliegende Zahnflanken eines Zahns, gleichzeitig abzutasten. Dadurch kann eine sehr hohe Messgeschwindigkeit erreicht werden. Sie ist etwa doppelt so groß, wie bei einer herkömmlichen Messmaschine mit zwei oder drei linearen Verstell- und Positioniereinrichtungen für den Taster und einer Dreh-Positioniereinrichtung für den Drehtisch des Zahnrad.

[0007] Die Zahnradmessmaschine weist eine Tangential-Positioniereinrichtung auf, die nur einen Taster trägt und diesen in einer Richtung Tangentialrichtung des Zahnrad bewegt. Der andere Taster wird von einer Positioniereinrichtung getragen, die ihrerseits die Tangential-Positioniereinrichtung trägt. Dies ist bspw. die Axial-Positioniereinrichtung, mit der die Taster parallel zu der Symmetrieachse des Zahnrad bewegt werden. Damit kann durch Betätigung der Tangential-Positioniereinrichtung der Abstand der Taster untereinander verändert werden, ohne dass deren Vertikal- oder Radialposition geändert wird. Zusätzlich ist eine Radial-Positioniereinrichtung vorgesehen, die beide Taster trägt und in einer Richtung auf die Symmetrieachse hin und von dieser weg bewegt. Die Radialposition und die Vertikal- oder Axialposition beider Taster werden synchron und gleichermaßen verstellt, wenn die Radial-Positioniereinrichtung bzw. die Axial-Positioniereinrichtung betätigt werden. Damit kann mit beiden Tastern eine Dreiachsmessung durchgeführt werden, d. h. alle Zahnflanken und das Zahnflankenprofil kann mit der den Dreiachsmaschinen eigenen Genauigkeit aber doppelter Geschwindigkeit gemessen werden. Alternativ kann die Axial-Positioniereinrichtung auf die Aufnahmeeinrichtung für das Zahnrad wirken und dieses in seiner Axialposition verstellen. Die Taster können dann bezüglich der Axialposition des Zahnrad fest oder unbeweg-

lich, jedoch lösbar, montiert sein.

[0008] Die Zahnradmessmaschine hat zwei Taster, deren erster in mindestens einer (zwei) Richtung(en) bewegbar ist, während der andere Taster in mindestens zwei (drei) Richtungen positioniert und bewegbar ist und somit zur Durchführung der sog. Vierachsmessungen (die vierte Achse ist die Drehachse des Zahnrad) geeignet ist. Damit ist die Anzahl der Positionier- und Verstellrichtungen (Achsen) beider Taster um eins unterschiedlich. Mit der erfindungsgemäßen Messmaschine ist sowohl eine Dreiachsmessung, als auch eine Vierachsmessung durchführbar. Die Vierachsmessungen gestatten bei der Profilmessung eine besonders gute Genauigkeit. Diese sind besonders dann auf einfache Weise durchführbar, wenn der nicht von der Radial-Positioniereinrichtung getragene Taster abnehmbar ausgebildet ist.

[0009] Obwohl es prinzipiell möglich ist, dem ersten Taster zwei Linear-Positioniereinrichtungen allein zuzuordnen und dem zweiten Taster drei Linear-Positioniereinrichtungen gesondert zuzuordnen, wird es doch als zweckmäßig angesehen, die für die gemeinsamen Verstellrichtungen vorgesehenen Positioniereinrichtungen zusammen zu fassen. Beispielsweise können beide Taster von der gleichen Radial-Positioniereinrichtung und von der gleichen Axial-Positioniereinrichtung getragen werden. Dies ist insbesondere deshalb möglich und zweckmäßig, weil beide Taster in Radialrichtung und in Axialrichtung bei dem erfindungsgemäßen Messverfahren jeweils die gleiche Position einnehmen.

[0010] Die Messtaster benötigen prinzipiell lediglich eine einzige Messrichtung. Beispielsweise weisen sie einen auslenkbar gelagerten Taststift auf, der an seinem freien Ende eine Tastkugel trägt. Die Auslenkbewegung des Taststifts ist eine Verschwenkung um wenige Grad um eine Achse, die parallel zu der Drehachse des Zahnrad orientiert sein kann. Die Auslenkung wird von einem Messsystem registriert. Mit einem solchen einfachen Taster sind präzise Messungen, insbesondere Profilmessungen im Vierachs-Messverfahren möglich. Dies insbesondere bei Zahnradern mit Evolventenverzahnung. Durch synchrone Drehung des Zahnrad und Bewegung der Messtaster in Tangentialrichtung (das ist die Richtung einer Tangente an den Grundkreis des Zahnrad) ist es möglich, die Tangente an den Berührungspunkt zwischen dem Tastkörper und der Zahnflanke während der Messung unter einem konstanten unveränderten Winkel zu halten.

[0011] Das erfindungsgemäße Konzept gestattet selbst bei eindimensionalen Tastern (nur eine Messrichtung) die Aufindung der Zahnflanken ohne zusätzlichen messtechnischen Aufwand. Dazu wird der Messtaster durch Betätigung der Tangential-Positioniereinrichtung an das Zahnrad herangefahren. Trifft es auf einen Zahnkopf, verursacht dies eine Taststiftauslenkung, die ohne weiteres registriert werden kann. Anders liegen die Dinge bei einer reinen Dreiachsmessung. Hier würde ein radiales Heranfahren des Taster an das Zahnrad zu schwierig zu beherrschenden Zuständen führen, wenn der Tastkörper auf den Zahnkopf trifft und in dieser Richtung nicht auslenkbar ist. In diesem Fall sind Taster erforderlich oder zumindest von Vorteil, die außer einer Auslenkung des Taststifts auch eine Axialverschiebung desselben registrieren können. Bei der vorgestellten erfindungsgemäßen Zahnradmessmaschine sind solche mehrdimensionalen Taster nicht erforderlich. Sie können im Einzelfall dennoch von Vorteil sein, insbesondere, wenn die Zahnradmessmaschine für schnelle Serienmessungen von Zahnradern im erfindungsgemäßen doppelten Dreiachsmessverfahren (Anspruch 11) Anwendung finden soll.

[0012] Sind beide Taster lediglich eindimensionale Taster (nur eine Messrichtung) wird bei Messung mit zwei Tastern der starre (nicht in Tangentialrichtung bewegliche) Taster

aus dem Weg in eine Sicherheitsposition überführt. Der in Tangentialrichtung bewegliche Taster wird seitlich vorsichtig an das Zahnrad herangeführt, um eine Lücke zu finden. Greift er in diese, kann der andere Taster wieder in Arbeitsposition geschwenkt oder überführt werden.

[0013] Ist der starre Taster ein 2D-Taster (zwei Messrichtungen) kann er auch Zahnköpfe direkt erfassen und Lücken sind somit problemlos auffindbar.

[0014] Weitere Einzelheiten von Ausführungsbeispielen der Erfindung ergeben sich aus der Zeichnung, der Beschreibung oder Unteransprüchen.

[0015] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

[0016] Fig. 1 eine Zahnradmessmaschine, in schematischer Perspektivansicht,

[0017] Fig. 2 die Zahnradmessmaschine nach Fig. 1, als Funktionsbild,

[0018] Fig. 3 den Ablauf einer dreiachsigen Zahnradmessung,

[0019] Fig. 4 eine vierachsige Zahnradmessung, in skizzenhafter Darstellung,

[0020] Fig. 5 die Kinematik der Zahnradmessmaschine nach Fig. 1 und

[0021] Fig. 6 den Ablauf einer Zahnradmessung an der Zahnradmessmaschine nach Fig. 1.

[0022] In Fig. 1 ist eine Zahnradmessmaschine 1 veranschaulicht, die zur Vermessung eines Zahnrads 2 dient. Das Zahnrad 2 ist in Fig. 1 symbolisch veranschaulicht, seine Zähne 3 können kleiner oder größer als dargestellt sein. Außerdem sind die sonstigen Abmessungen, wie axiale Länge und Durchmesser ohne Bezug zu der Zahnradmessmaschine 1 veranschaulicht.

[0023] Die Zahnradmessmaschine 1 weist ein Maschinengestell 4 auf, auf dem ein Drehtisch 5 gelagert ist. Dieser dient der Aufnahme des Zahnrads 2 und zur gesteuerten Drehung und Positionierung desselben um seine Drehachse 6. Er bildet somit zugleich eine Aufnahmeeinrichtung für das zu vermessende Zahnrad, sowie eine Dreh-Positioniereinrichtung 7, die in Fig. 1 symbolisch veranschaulicht ist.

[0024] Zu der Zahnradmessmaschine 1 gehört weiter ein erster Taster 8 mit einem Taststift 9, an dessen freien Ende ein Tastkörper 10 angeordnet ist. Der Tastkörper 10 ist bspw. eine Kugel. Verschwenkungen des Taststifts 9 registriert er in dem Taster 8 angeordnetes, nicht weiter veranschaulichtes Messsystem, das mit einer Auswerteeinrichtung 11 verbunden ist (Fig. 2, erläutert an späterer Stelle). Der Taststift 9 ist bspw. um eine zu der Drehachse 6 parallele Drehachse schwenkbar gelagert. Außerdem kann er gekröpft ausgebildet oder schräg zur Radialrichtung des Zahnrads 2 ausgerichtet sein, um nicht mit einem zweiten Taster 12 zu kollidieren. Dieser weist ebenfalls einen Taststift 13 mit einem endseitig daran befestigten Tastkörper 14 (z. B. einer Tastkugel) auf. Der zweite Taster 12 kann ebenfalls als eindimensionaler Messtaster ausgebildet sein. Er weist dann ein Messsystem auf, um eine Verschwenkung des Taststifts 13 um eine zur Drehachse 6 parallele Schwenkachse zu registrieren und an die Auswerteeinrichtung 11 zu melden.

[0025] Die beiden Taster 8, 12 sind bei der dargestellten Ausführungsform in zwei Richtungen Y, Z gemeinsam verstellbar. Die Y-Richtung ist dabei die Radialrichtung bezogen auf die Drehachse 6. Zur Verstellung in dieser Y-Richtung dient eine Radial-Positioniereinrichtung 15, zu der eine Radialführung 16 mit Führungsschienen 17 und einem geführten Radialschlitten 18 sowie eine nicht weiter veranschaulichte Antriebseinrichtung gehören. Die Führungsschienen 17 sind dabei radial zu der Drehachse orientiert und mit dem Maschinengestell 4 verbunden. Mittels der Radial-Positioniereinrichtung 15 sind sowohl der erste Taster

8, als auch der zweite Taster 12 von der Drehachse 6 weg und auf diese zu verstellbar. Sie dient zur Einstellung von Radialpositionen.

[0026] Der Radialschlitten 18 trägt eine Axial-Positioniereinrichtung 19, mittels derer die Taster 8, 12 parallel zu dem Zahnrad 2 und somit parallel zu seiner Drehachse 6 positionierbar sind. Die Axial-Positioniereinrichtung 19 weist zwei zueinander parallele und parallel zu der Drehachse 6 ausgerichtete Führungsschienen 20 auf, die einen, bezogen auf das Zahnrad 2 axial und im konkreten Ausführungsbeispiel somit vertikal verstellbaren Axial-Schlitten 21 lagern. Die Vertikalrichtung stimmt mit der Z-Richtung überein (siehe Pfeil Z in Fig. 1).

[0027] Der Taster 8 ist unmittelbar mit dem Axial-Schlitten 21 verbunden. Dazu dient ein Halter 22 der, wie dargestellt, starr oder bedarfsweise auch als verstellbarer Halter ausgebildet sein kann, um den Taster 8 bspw. in einer Ruhelage positionieren zu können. Außerdem kann der Halter 22 lösbar mit dem Axial-Schlitten 21 verbunden sein, um den Taster 8 abnehmen zu können.

[0028] Der Axial-Schlitten 21 trägt außerdem eine Tangential-Positioniereinrichtung 23, zu der zwei mit dem Schlitten 21 verbundene Führungsschienen 24, ein von diesen geführter Tangential-Schlitten 25 und eine von der Steuer- und Auswerteeinrichtung 11 gesteuerte Antriebseinrichtung (nicht dargestellt) gehören. Der Tangential-Schlitten 25 trägt den Taster 12. Die Tangential-Führungseinrichtung dient der Verstellung des Tasters 12 in X-Richtung (siehe Pfeil X in Fig. 1) und somit zur Verstellung des Abstands zwischen den Tastkörpern 10, 14 untereinander. Die X-Richtung ist die Richtung einer Tangente an den Grundkreis des Zahnrads 2.

[0029] Die drei Positioniereinrichtungen 15, 19, 23 bilden drei "gesteuerte Achsen", die ein kartesisches Koordinatensystem aufspannen. Die Steuer- und Auswerteeinrichtung 11 steuert die Bewegung der Taster 8, 12 in den Richtungen X, Y, Z. Außerdem steuert sie die Drehung des Zahnrads 2 durch entsprechende Ansteuerung der Dreh-Positioniereinrichtung 7, die somit die vierte "Achse" bildet.

[0030] Anders als bei der veranschaulichten Zahnradmessmaschine kann die Axial-Positioniereinrichtung 19 auch weggelassen. An ihre Stelle treten dann eine feste Verbindung zwischen der Radial-Positioniereinrichtung 15 und dem Taster 8 bzw. der Tangential-Positioniereinrichtung 23 sowie eine Axialverstelleinrichtung für den Drehtisch 5.

[0031] In Fig. 2 ist die Zahnradmessmaschine 1, insbesondere hinsichtlich der Ausbildung ihrer Steuer- und Auswerteeinrichtung 11 nochmals schematisch veranschaulicht. Die Steuer- und Auswerteeinrichtung 11 ist bspw. durch eine Computersteuerung gebildet, die in einem Speicher 26 ein Modell des zu vermessenden Zahnrads 2 bereithält. Das Modell kann bspw. ein Standardmodell sein, das durch entsprechende Skalierungsfaktoren hinsichtlich Zähnezahl, Modul, Durchmesser, axialer Länge usw. in ein jeweils aktuelles Zahnrad unzurechenbar ist. Alternativ kann auch eine Tabelle zu vermessender Zahnräder abgespeichert sein. Weiter alternativ können mathematische Formeln infolge von Programmen oder Programmabschnitten hinterlegt sein, mit denen sich die nachzumessenden Sollgeometrien der Zahnräder erzeugen lassen.

[0032] Zu der Steuer- und Auswerteeinrichtung 11 gehört weiter ein Steuermodul 27, das der Ansteuerung der Dreh-Positioniereinrichtung 7 sowie der Radial-Positioniereinrichtung 15 der Axial-Positioniereinrichtung 19 und der Tangential-Positioniereinrichtung 23 dient. Die Ansteuerung erfolgt dabei auf eine solche Weise, dass der Tastkörper 10 bzw. 14 des jeweiligen Tasters 8, 12 auf einer Bahn oder Kontur geführt wird, die anhand des Zahnradprofils des

Zahnrad 2 festgelegt ist. Der Tastkörper 10, 14 tastet dabei das Zahnradprofil ab. Er wird dabei so geführt, dass er in jedem Punkt seiner Bahn eine von Null verschiedene Auslenkung hat. Die Auslenkung des Taststifts 9, 13 wird von einem entsprechenden Messmodul 28 registriert. Die auftretenden Auslenkungen des Tastkörpers 10, 14 wird dann mit den Achskoordinaten der Positioniereinrichtungen 15, 19, 23 verrechnet, um das Profil zu bestimmen. Das ermittelte Profil wird dann mit einem Sollprofil verglichen. Abweichungen werden entweder direkt mittels eines Anzeigemoduls 29 angezeigt, oder Vorzeichen richtig (d. h. positiv oder negativ) zu den Solldaten addiert, um mit dem Anzeigemodul 29 Ist-Maße des Zahnrad 2 anzugeben.

[0033] Im Folgenden wird die Messung eines Zahnprofils mit dem Taster 8 beschrieben, der nicht tangential zu dem Zahnrad 2 verstellbar gelagert ist:

Wie in Fig. 3 veranschaulicht, tastet der Tastkörper 10 bei einer Profilmessung die Zahnflanke ab. Dazu wird er, wie in Fig. 3 in dick ausgezogenen Linien veranschaulicht ist, zunächst mit einem dem Zahnfuß nahestehenden Punkt des Zahnprofils in Berührung gebracht. Die sich an dem Taststift 9 ergebende Auslenkung entspricht dabei der Drehposition des Zahnrad 2 (Drehachse 6 bzw. "gesteuerte Achse C") und der Abweichung der Zahnflanke von ihrer Soll-Position. Der Tastkörper 10 berührt die Zahnflanke dabei in einem Punkt. Die Tangente T1 an diesem Punkt schließt mit der Radialrichtung Y einen relativ spitzen Winkel ein.

[0034] Zur Durchführung der Messung wird das Zahnrad 2 nun in Fig. 3 gegen den Uhrzeigersinn (die angetastete Zahnflanke bewegt sich auf die Tastkugel 10 zu) langsam gedreht, wobei synchron dazu der Taster 8 in Y-Richtung von der Drehachse 6 und somit von dem Zahnrad 2 weg bewegt wird. Die Bewegung erfolgt dabei so, dass der Tastkörper 10 stets mit der Zahnflanke in Berührung bleibt und dass der Taststift 9 in jedem Punkt seines Wegs eine gewisse Auslenkung beibehält. Der Berührungspunkt zwischen dem Tastkörper 10 und der Zahnflanke wandert dabei von dem Zahnfuß zu dem Zahnkopf, wobei die im Berührungspunkt anzulegende Tangente T2 ihren Winkel zu der Radialrichtung Y ändert. Die zu der Drehachse 6 parallele Z-Achse kann dabei unbeachtet bleiben – sie kann als ruhend angesehen werden, d. h. eine Verstellung findet bei der Profilmessung in der Regel nicht statt. Die Auslenkung des Taststifts 9 wird registriert und kennzeichnet das Flankenprofil.

[0035] In Fig. 4 ist die Vierachs-Profilmessung unter Verwendung des Tasters 12 veranschaulicht. Dessen Tastkörper 14 wird wiederum mit einem dem Zahnfuß nahen Punkt der Zahnflanke in Berührung gebracht. Zur Aufnahme des Zahnflankenprofils wird das Zahnrad 2 nun langsam um die Drehachse 6 gedreht (Pfeil C). Im vorliegenden Beispiel wird zum Zwecke der Erläuterung angenommen, dass die Drehung gegen den Uhrzeigersinn erfolgt. Die Tangente T1 hat zu Beginn der Bewegung einen Winkel von 0° zu der Radialrichtung, der sich im Verlaufe der Messung nicht ändert. Wird die Messung durchgeführt, wird der Taster 12 synchron zu der Drehung des Zahnrad 2 in Tangentialrichtung X linear bewegt. Die Bewegung ist dabei so auf die Drehung des Zahnrad 2 abgestimmt, dass der Taststift 13 ausgelenkt bleibt und dass der Tastkörper 14 mit der Zahnflanke in Berührung bleibt. Ist der Tastkörper 14 in der Nähe des Zahnkopfs angekommen, kann an dem Berührungspunkt zwischen dem Tastkörper 14 und der Zahnflanke des Zahns 3 wiederum eine Tangente T2 bestimmt werden, die parallel zu der Tangente T1 ist. Dies gilt mit nahezu mathematischer Exaktheit, wenn die Zahnflanke einem Evolventenprofil folgt. Durch Verfolgung der Auslenkung des Taststifts 13 wird das Flankenprofil erfasst.

[0036] Bei dieser Messung spielt die Verstellung des Ta-

sters 12 in Z-Richtung (parallel zu der Drehachse 6) bei geradverzahnten Zahnradern keine Rolle. Dennoch wird die Messung als Vierachsmessung bezeichnet, denn es sind vier Verstellachsen vorhanden. Bei schrägverzahnten Zahnradern spielt die Axialverstellung eine Rolle und ist mit der Drehung des Drehtisches 5 abzustimmen.

[0037] Die Zahnradmessmaschine 1 kann die Messung nach Fig. 3 mit dem Taster 8 durchführen. Mit dem Taster 12 kann sie die Messungen, sowohl nach Fig. 3 als auch nach Fig. 4 durchführen. Während die Messung 3 sich für Übersichtsmessungen eignet, zeichnet sich die Messung nach Fig. 4 durch besondere Präzision aus.

[0038] Genügt die Messgenauigkeit, die das Messverfahren nach Fig. 3 erbringt, soll jedoch eine besonders kurze Messzeit bei der Zahnprofilmessung, der Messung der Flankenlinie oder der Teilungsmessung erreicht werden, treten beide Taster 8, 12 in Aktion. Zur Veranschaulichung wird für die Profilmessung auf die Fig. 5 und 6 verwiesen. In Fig. 5 sind die vier Achsen C, Y, Z und X der Messmaschine sowie die Tastkörper 10, 14 der Taster nochmals symbolisch veranschaulicht. Die Achsen C, X, Y, Z werden durch Verstellrichtungen symbolisiert, die ihrerseits wiederum in Fig. 5 durch symbolische Führungen angedeutet werden. In Fig. 6 ist der Ablauf einer Profilmessung an einem Zahn 3 des Zahnrad 2 veranschaulicht. Dabei werden beide einander gegenüberliegenden Flanken 3A, 3B des Zahns 3 gleichzeitig vermessen. Dies erfolgt, indem beide Tastkörper 10, 14 zunächst an einem fußnahen Abschnitt der Zahnflanke mit derselben in Berührung gebracht werden, bis die Messsysteme der Taster 8, 12 ansprechen. Es wird nun das Zahnrad 2 um seine Drehachse 6 gedreht, d. h. die C-Achse wird betätigt. Bei dem Beispiel nach Fig. 6 bewegt sich der Zahn 3 dabei von seiner dick ausgezogen dargestellten Position allmählich in seine gestrichelt dargestellte Position. Der Tastkörper 10 wird dabei durch entsprechende Ansteuerung der Radial-Positioniereinrichtung 15 in Y-Richtung radial nach außen bewegt. Er führt dabei das Messverfahren nach Fig. 3 durch. Zugleich wird der Tastkörper 14 des Tasters 12 radial nach außen bewegt, denn er wird von der gleichen Radial-Positioniereinrichtung 15 positioniert. Um nicht die Berührung mit der Zahnflanke des von ihm weglaufernden Zahns 3 zu verlieren, wird jedoch der Taster 12 zusätzlich in X-Richtung verstellt, d. h. synchron zu der Drehung des Zahnrad 2 wird der Abstand der Tastkörper 10, 14 voneinander verringert. Die Tastkörper laufen dabei in ihre, in Fig. 6 gestrichelt dargestellte Position.

[0039] Damit werden die Profile beider Zahnflanken mit der Genauigkeit des in Fig. 3 veranschaulichten Dreiachsverfahrens gleichzeitig vermessen. Gegenüber herkömmlichen Dreiachsverfahren reduziert dies die Messzeit bei der Profilmessung auf die Hälfte. Außerdem können die Flankenlinienprüfungen durch Verstellung in Z-Richtung mit beiden Taster 8, 12 gleichzeitig durchgeführt werden. Dies gilt auch für die Flankenmessung und die Teilungsmessung. Wiederum kann jeweils gleichzeitig an zwei unterschiedlichen Zahnflanken gemessen werden.

[0040] Soll mit hoher oder höchster Genauigkeit gemessen werden, ist der Taster 8 zu entfernen und es wird nur mit dem Tastkörper 14 nach dem in Fig. 4 veranschaulichten Verfahren gearbeitet.

[0041] Bei allen vorgestellten Abläufen kann sowohl von dem Zahnfuß zu dem Zahnkopf, als auch durch Umkehrung aller Bewegungen von dem Zahnkopf zu dem Zahnfuß gemessen werden. Außerdem ist es möglich, die Zahnflanken ein und desselben Zahns 3 gleichzeitig zu messen, sowie alternativ in einer Zahnücke, die aufeinander zu weisenden Zahnflanken benachbarter Zähne gleichzeitig zu messen.

[0042] Bei den vorgestellten Ausführungsformen der Ver-

zahnungsmessmaschine ist nur einer der beiden Taster 8, 12 in Tangentialrichtung verstellbar gelagert. Alternativ können auch für beide Taster 8, 12 entsprechende Tangential-Positioniereinrichtungen vorgesehen werden. Dadurch kann das Zahnrad von beiden Tastern symmetrisch gemessen werden. Die Taster sind dann gleichberechtigt. Wie bei den vorstehenden Ausführungsbeispielen können die beiden Taster 8, 12 in ihrem seitlichen Abstand zueinander verstellt werden. Mit einer solchen Ausführungsform lässt sich sogar die Präzisionsmessung des Zahnrads nach Fig. 4 mit doppelter Geschwindigkeit durchführen, z. B. indem beide Taster an ein und derselben Zahnflanke an unterschiedlichen Axialpositionen messen. Die Taster sind dann z. B. von einer gemeinsamen Axial-Positioniereinrichtungen getragen, jedoch auf unterschiedlicher Höhe gehalten, oder es sind den Tastern jeweils eigene Axial-Positioniereinrichtungen zugeordnet.

[0043] Eine Zahnradmessmaschine zur besonders schnellen Messung oder Prüfung von Zahnrädern weist zwei Taster auf, deren einer zumindest in Radial-Richtungen und deren anderer zusätzlich in einer weiteren, zu dem Zahnrad tangentialen Richtung verstellbar gelagert ist. Mit dieser Zahnradmessmaschine lassen sich Profilmessungen mit einfacher Genauigkeit durchführen, wobei beide Taster gleichzeitig arbeiten. Zum Beispiel übernimmt ein Taster die Messung aller in Drehrichtung weisenden Zahnflanken, während der andere Messtaster die Messung aller Rückflanken übernimmt. Die Messung erfolgt durch Drehung des Zahnrads und synchrone Radialverstellung der Taster, wobei der Abstand der Taster untereinander auf dem Wege zum Zahnkopf reduziert wird.

[0044] Zur besonders genauen Einzelmessung von Zahnrädern kann auch lediglich der zusätzlich in tangentialer Richtung bewegbare Taster benutzt werden, der andere Taster ist dann inaktiv. Auf diese Weise kann die an sich für schnelle Durchlaufmessungen geeignete Maschine auch zur Präzisionsmessung eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Zahnradmessmaschine (1), insbesondere für schnelle Serienmessungen, mit einer Aufnahmeeinrichtung (5) für wenigstens ein zu vermessendes Zahnrad, mit einer Dreh-Positioniereinrichtung (7) zur Positionierung der Aufnahmeeinrichtung (5) und zur Drehung derselben, um das Zahnrad (2) um seine Drehachse (6) zu drehen, mit einem ersten Taster (8), mit einem Tastkörper (10), der über einen Taststift (9) mit einem wenigstens eindimensionalen Messsystem verbunden ist, mit einer Radial-Positioniereinrichtung (15), mittels derer der erste Taster (8) von der Drehachse (6) weg und auf diese zu verstellbar gehalten ist, mit einem zweiten Taster (12), mit einem Tastkörper (14), der über einen Taststift (13) mit einem wenigstens eindimensionalen Messsystem verbunden ist, mit einer Radial-Positioniereinrichtung (15), mittels derer der zweite Taster (12) von der Drehachse (6) weg und auf diese zu verstellbar gehalten ist, und mit einer Tangential-Positioniereinrichtung (23), mittels derer der zweite Taster (12) tangential zu dem Zahnrad (2) verstellbar gehalten ist, das zu der Drehachse (6) konzentrisch angeordnet ist.
2. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Axial-Positioniereinrichtung (19) aufweist, mittels derer der erste Taster (8) parallel zu der Drehachse (6) verstellbar gehalten ist.

3. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Axial-Positioniereinrichtung (19) aufweist, mittels derer der erste Taster (8) parallel zu der Drehachse (6) verstellbar gehalten ist.

4. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Radial-Positioniereinrichtung (15) für den ersten Taster (8) und die Radial-Positioniereinrichtung (15) für den zweiten Taster (12) miteinander identisch sind.

5. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf einem gemeinsamen Grundgestell (4) ein Drehtisch (5) als Dreh-Positioniereinrichtung (7) zur Aufnahme des Zahnrads (2) und eine erste Radialführung (16) gelagert sind, die gemeinsam mit einem Radial-Antrieb und einem zu der Radialführung (16) gehörigen Schlitten (18) die Radial-Positioniereinrichtung (15) bildet.

6. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Axial-Schlitten (18) eine Linearführung (20) trägt, die gemeinsam mit einem Axial-Antrieb und einem von der Linearführung (20) gelagerten Axial-Schlitten (21) die Axial-Positioniereinrichtung (19) bildet.

7. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Axial-Schlitten (21) einen Tangential-Führung (24) trägt, die gemeinsam mit einem Tangential-Antrieb und einem von der Tangential-Führung (23) gelagerten Tangential-Schlitten (25) die Tangential-Positioniereinrichtung (23) bildet.

8. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Taster (8) dem Axial-Schlitten (21) und der zweite Taster (12) mit dem Tangential-Schlitten (25) verbunden ist.

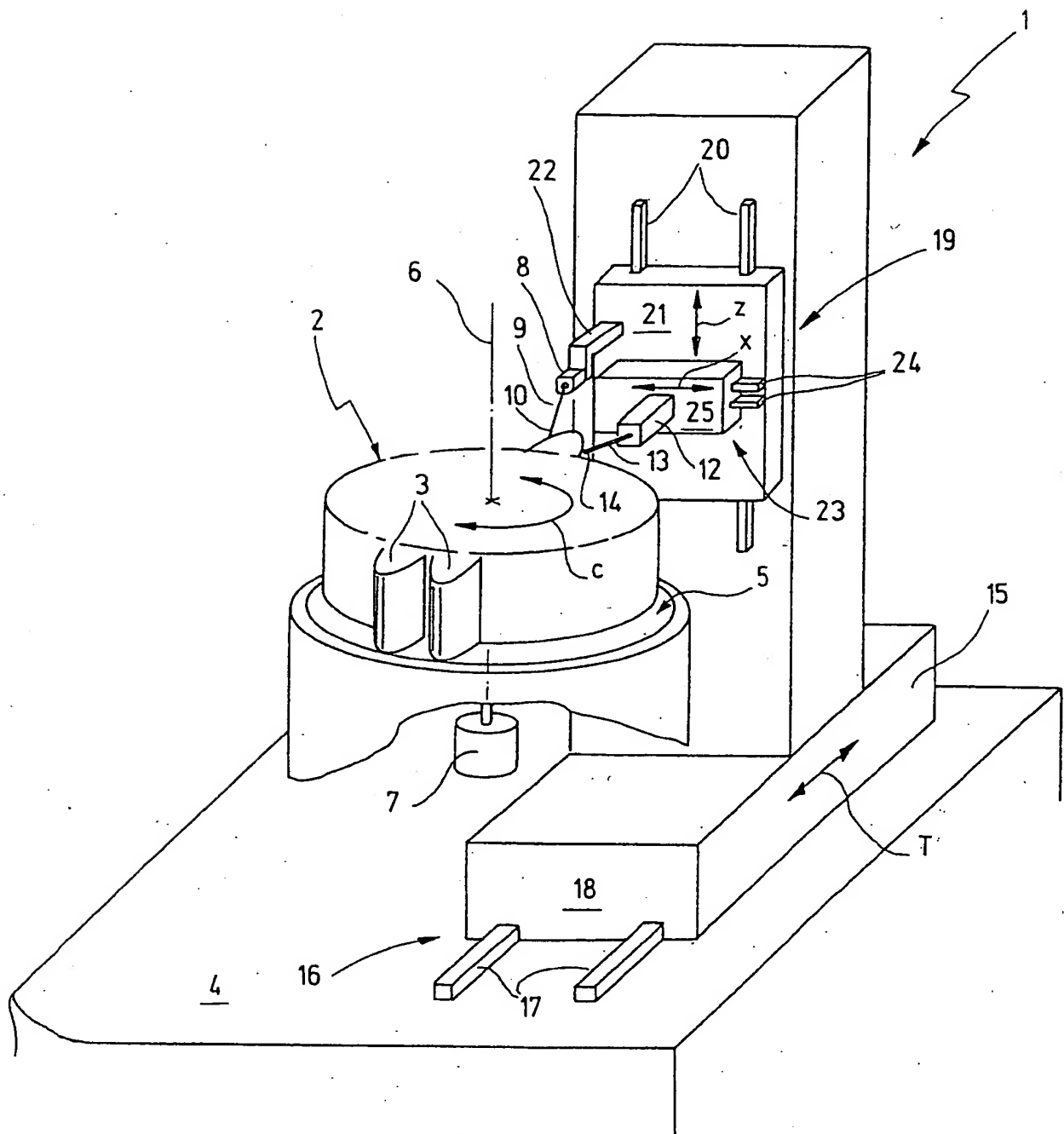
9. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Taster (8, 12) abnehmbar ist.

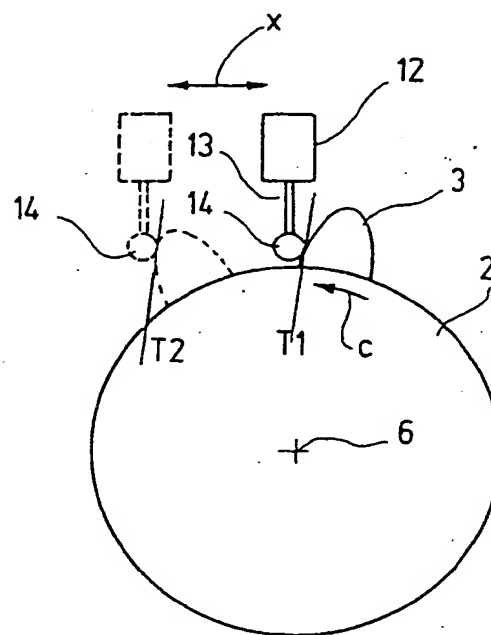
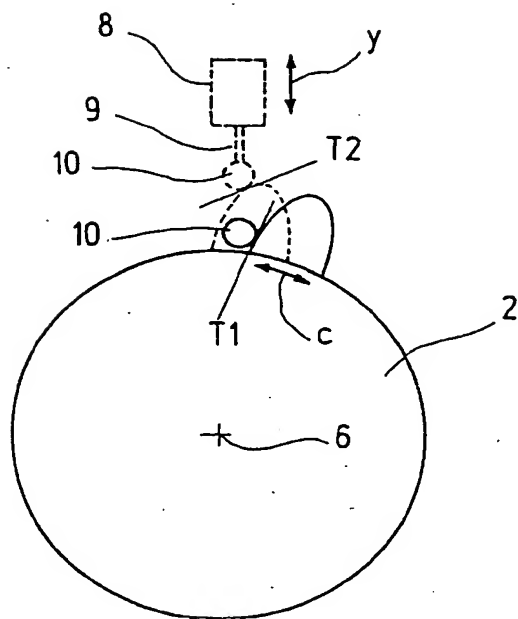
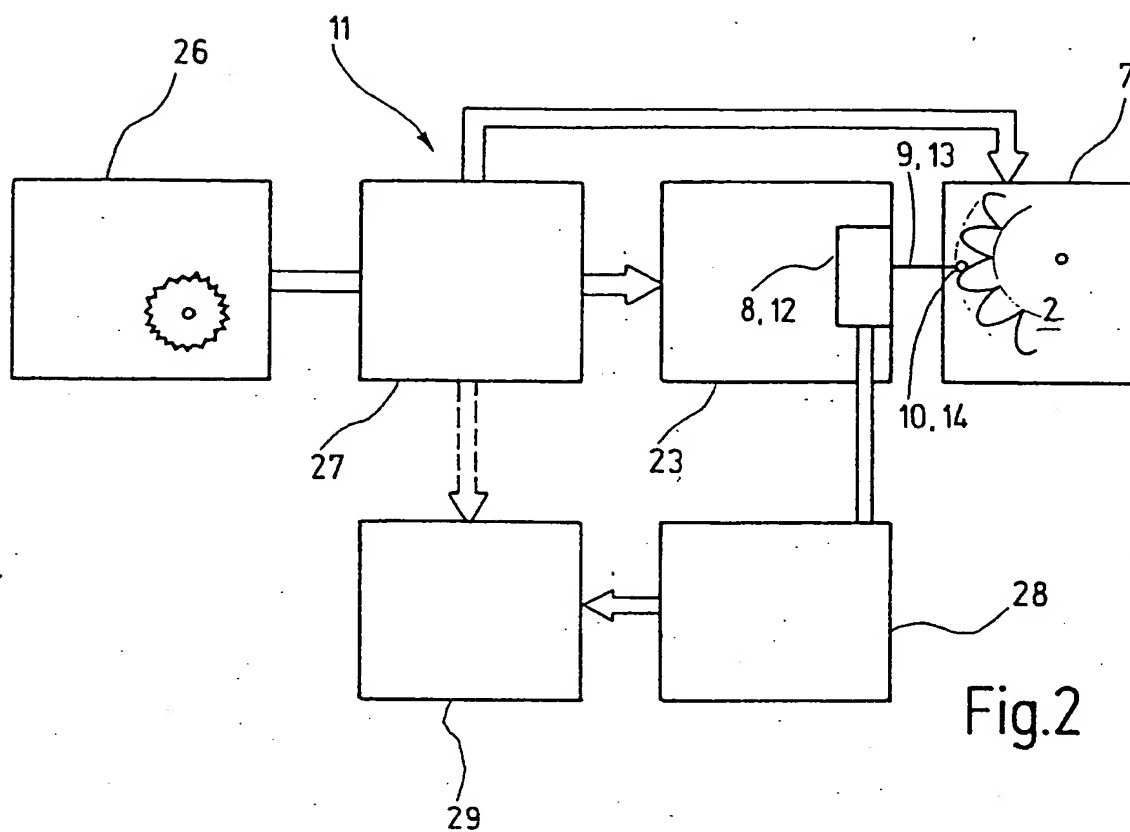
10. Zahnradmessmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Taster (8, 12) ein wenigstens in zwei Messrichtungen arbeitender Messtaster ist.

11. Verfahren zur Profilmessung an Zahnrädern (2) mit zwei Tastern (8, 12), deren Tastkörper (10, 14) gleichzeitig mit unterschiedlichen Zahnflanken (3a, 3b) des Zahnrads (2) in Berührung gebracht werden, wonach das Zahnrad (2) um seine Achse (6) gedreht wird, wobei die Tastkörper (10, 14) beider Taster (8, 14) von einer gemeinsamen Radial-Positioniereinrichtung (15) in einer Radialrichtung (Y) des Zahnrads (2) bewegt und gleichzeitig der Abstand der Tastkörper (10, 12) untereinander verstellt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -





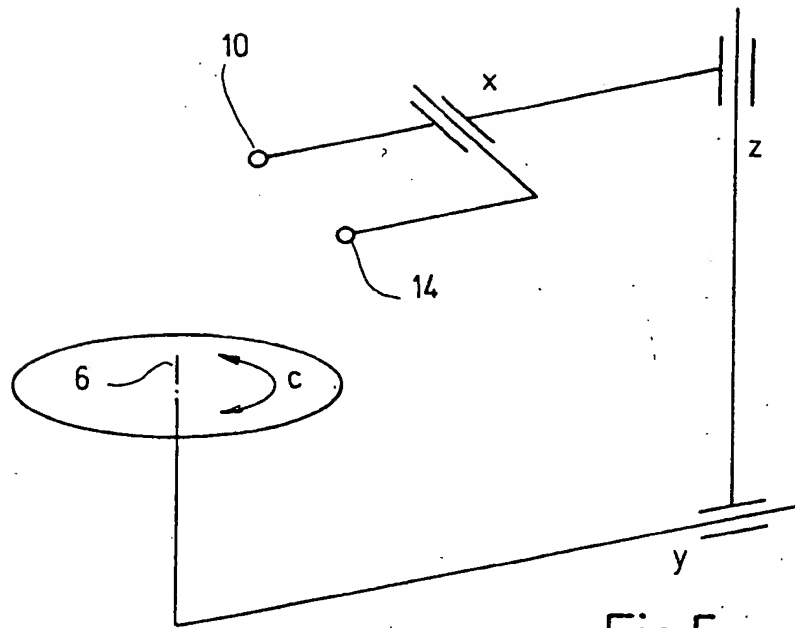


Fig.5

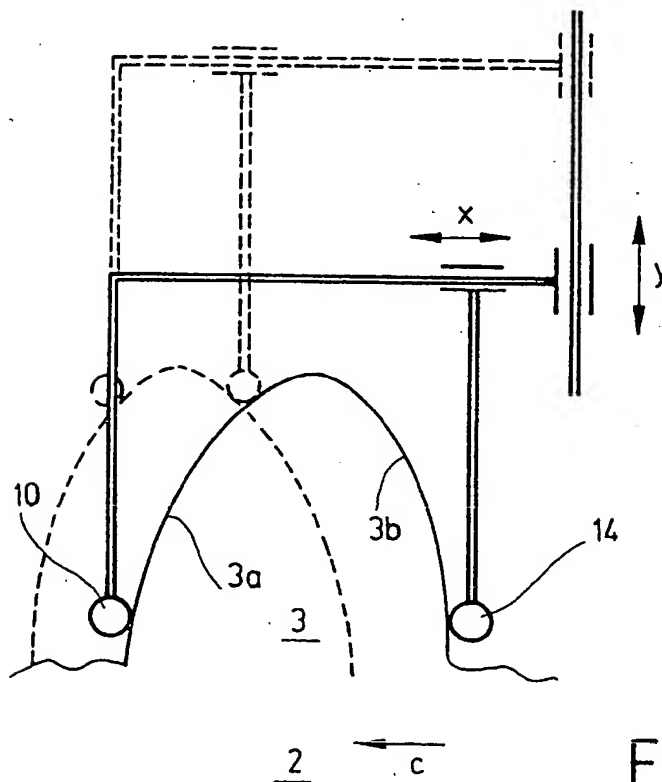


Fig.6

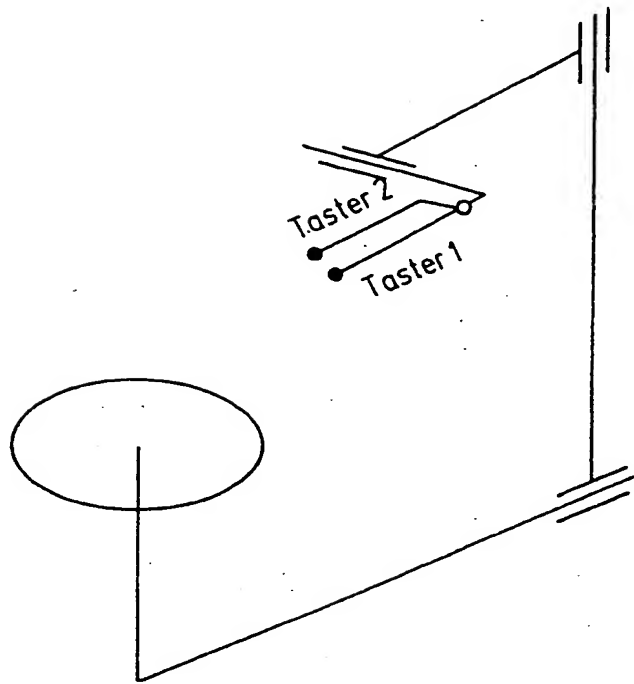


Fig.7